



25 SET
al
27 2019
Montevideo



II CONGRESO DE AGUA
AMBIENTE Y ENERGÍA
AUGM



Microgeneración Eólica en Ambientes Urbanos: Seguridad Energética y Agenda 2030 ONU

Guido Rojas Charry, Facultad de Ingeniería UDELAR, Uruguay,
guido.rojas@gmail.com

RESUMEN: El potencial de suministro eléctrico local y descentralizado existente por el uso de fuentes de energía renovables como la solar y la eólica, pueden contribuir a la seguridad energética y a cumplir con los compromisos nacionales e internacionales del desarrollo sostenible y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. La integración de sistemas de microgeneración eólica en entornos urbanos que posean condiciones adecuadas pueden ayudar a alcanzar estos importantes objetivos.

PALABRAS CLAVE: Energía Renovable, Energía Eólica Urbana, Microgeneración Eólica, pequeños aerogeneradores, microrredes, Desarrollo Sostenible.

1 INTRODUCCIÓN

El presente artículo busca describir principalmente el contexto actual de la pequeña generación eólica y el desarrollo de la tecnología de pequeños aerogeneradores, además de los impactos ambientales asociados por la proximidad de personas y bienes en ambientes urbanos, de los aspectos relevantes para evaluar el recurso disponible y su potencial uso. Finalmente de los desafíos y oportunidades para su expansión como una importante alternativa de generación descentralizada, asequible y no contaminante alineada con las metas de desarrollo sostenible enmarcados en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas.

2 CONTEXTO DE LA ENERGIA MINI EOLICA

2.1 Generalidades

El Sector de la mini eólica representa una fracción de la producción eólica global estimada en 539 Gigawatts al cierre del 2017 [1]. Se estima que a finales de 2015 se instalaron un total acumulado de al menos 990 mil aerogeneradores pequeños en todo el mundo alcanzando más de 948 MW de capacidad instalada representando un crecimiento del 14% comparado con el 2014. China representa el 44% de la capacidad global. El segundo mayor mercado, EE. UU., representa el 25% y el Reino Unido el 15% [2]. Aunque hay una tendencia del mercado que se inclina hacia sistemas conectados a red (Grid-tied), las aplicaciones con sistemas aislados continúan desempeñando un papel importante en las áreas remotas de los países en desarrollo.

2.2 *Proyección de la Energía Mini eólica*

Se pronostica que el sector de la mini eólica crezca rápidamente en el futuro, estimando que alcanzará una capacidad instalada acumulada de 1,9 GW para el 2020. El nivel de este crecimiento depende de factores clave como el aumento de los precios de la energía, la seguridad energética, el cambio climático y la descentralización de las fuentes de generación.

3 TECNOLOGIA DE PEQUEÑOS AEROGENERADORES

3.1 Definición de pequeño aerogenerador y Normativa

Uno de los organismos internacionales de normalización más importante, el IEC (International Electrotechnical Commission), los define en la norma IEC 61400-2 :2013 como un sistema con un área barrida por el rotor de 200 m² o inferior que convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica, generando electricidad a una tensión inferior de 1.000 V en c.a. o de 1.500 V en c.c. para aplicaciones en red y fuera de la red [3].

Se define entonces un tamaño máximo para aerogeneradores pequeños, equivalente a un diámetro de rotor de hasta 16 m. Esta norma también concierne a todos los subsistemas de aerogeneradores pequeños tales como: Mecanismos de protección, sistemas eléctricos internos, sistemas mecánicos, estructuras soporte, cimentaciones, interconexión eléctrica con la carga, manuales de instalación y de utilización y otra documentación.

3.2 Tecnología de Pequeños aerogeneradores

3.2.1 Generalidades

Las turbinas eólicas o aerogeneradores convierten la energía cinética del viento en potencia mecánica para mover un generador que producirá electricidad limpia. Sus aspas son aerodinámicas y están diseñadas para capturar la máxima energía del viento.

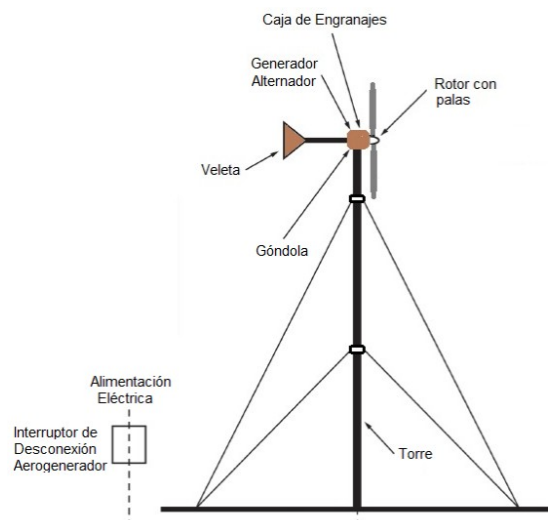


Figura 2. Componentes principales de un pequeño aerogenerador

3.2.2 Tipos de Turbinas

Hay dos tipos básicos de aerogeneradores [4]:

De eje Horizontal (HAWT). Son los más comunes. Se colocan directamente al viento y con la ayuda de una veleta apuntan continuamente en la dirección predominante. Las aspas se instalan perpendiculares al eje de rotación. Generalmente requieren de una torre para su montaje.

De eje Vertical (VAWT). Las turbinas de eje vertical funcionan en cualquier dirección en la que sopla el viento, pero requieren mucho más espacio a nivel de suelo. Pueden usar la fuerza de arrastre (turbina tipo Savonius) o la fuerza de sustentación (Turbina tipo Darrieus).



Gazelle Wind Turbines Ltd
HAWT 20 kW

Renewable Devices Swift Turbines
HAWT 1,5 kW

OY Windside Production Ltd
VAWT 1,0 kW Tipo Savonius

Ropatec S.p.a.
VAWT 10 kW Tipo Darrieus

Figura 3. Ejemplos de pequeños Aerogeneradores de Eje Horizontal (HAWT) y Eje Vertical (VAWT), con la descripción del fabricante, el tipo de turbina y la potencia nominal de generación. [5]

La tecnología de aerogeneradores de eje horizontal HAWT se destaca por ser madura y probada y menos costosa, mientras que la tecnología de eje horizontal se caracteriza por aprovechar el viento en cualquier dirección y por su mayor facilidad en el mantenimiento. En la siguiente tabla se presenta un cuadro comparativo de parámetros entre estas tecnologías [6]

Parametro de Desempeño	Aerogenerador de Eje Horizontal HAWT	Aerogenerador de Eje Vertical VAWT
Eficiencia de Potencia generada %	50-60	70
Interferencia Electromagnética	Si	No
Sistema posicionamiento dirección viento	Si	No
Caja de Engranajes	Arriba de 10 kW: Si	No
Espacio de rotación de aspas	Grande	Pequeño
Capacidad de resistencia al viento	Débil	Fuerte
Ruido dB	5-60	0-10
Velocidad de Viento de Arranque m/s	2,5 – 5	1,5 – 3
Mantenimiento	Complicado	Accesible
Velocidad de Rotación	Alta	Baja

Tabla 1, Comparativo tecnologías aerogeneradores HAWT vs VAWT.

4 IMPACTOS AMBIENTALES EN AMBIENTES URBANOS

Los impactos ambientales producidos por la instalación de pequeños aerogeneradores en ambientes urbanos son de considerable importancia. Un beneficio global en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero no debe ir en detrimento del ambiente local. En la siguiente tabla se consideran los efectos negativos mas significativos tanto en la fase de construcción como en la fase operativa y los factores ambientales (físicos, bióticos y antrópicos) que requieren mayor atención [7]

EFFECTOS SIGNIFICATIVOS	AMBIENTE FISICO	AMBIENTE BIOTICO	AMBIENTE ANTROPICO			
	Nivel Sonoro	Fauna: Aves	Percepción Social	Comunicaciones	Paisaje/ Vistas Escénicas	Valor de la Propiedad
1. Aumento en los niveles sonoros (ruido): Aerodinámico, producido por la aspap debido a su interacción con las turbulencia	■					
2. Mecánico, por la transmisión de sonido generado por la caja de engranajes a través de la estructura	■					
2. Muerte de Aves y/o pájaros por el movimiento de las aspap		■				
3. Riesgos sobre la seguridad pública por colapso de las estructuras soporte y aspap del aerogenerador			■			
4. Los aerogeneradores puede causar interferencias en un amplio rango de frecuencias de radio y sistemas de televisión, enlaces de microondas y servicios de satélite				■		
5. Sombras parpadeantes cuando el sol pasa por detrás de las aspap de un aerogenerador. La rotación de las aspap de las turbinas crea una sombra que parpadeara con diferente frecuencia según su velocidad de rotación.					■	
6. Estrés producido a personas por el ruido de los aerogeneradores o por sombras parpadeantes cercanas a una propiedad, que pueden ocasionar la disminución de su valor comercial						■

Tabla 2, Efectos negativos significativos de aerogeneradores instalados en ambientes urbanos.

5 FACTIBILIDAD Y POTENCIAL USO EN AMBIENTES URBANOS.

5.1 *Potencia Extraída del Viento*

La potencia extraíble (P_{aerog}) de una masa de aire que atraviesa el área de barrido de las aspap de un aerogenerador se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$P_{aerog} = C_p \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (1)$$

donde C_p = coeficiente de Potencia (varia para diferentes velocidades de viento, el máximo valor teórico corresponde al limite de Betz de 0,59); ρ = densidad del aire; A = Area de barrido de las aspap, v = velocidad del viento (variable importante pues al duplicar su magnitud se multiplica la potencia por un factor de 8).

El régimen de viento urbano se caracteriza por regiones “perturbadas” alrededor de edificaciones caracterizadas por velocidades mas bajas y altos niveles de turbulencia.

5.2 *Que, donde y cuando evaluar?*

En una etapa de factibilidad de un proyecto con pequeños aerogeneradores en ambientes urbanos, hay tres componentes claves en la evaluación del recurso eólico [7]: La velocidad anual media (fuente: estaciones meteorológicas locales o modelos numéricos de predicción meteorológica), la dirección de viento predominante (rosa de los vientos), presencia de obstáculos como edificios o estructuras (densidad urbana) y su relación con la turbulencia (disminuye cantidad de energía extraída y aumenta esfuerzos mecánicos).



Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO

25 SET
al
27 2019
Montevideo



II CONGRESO DE AGUA
AMBIENTE Y ENERGÍA
AUGM



UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA
URUGUAY

5.3 Agenda 2030 ONU

El potencial aprovechamiento del viento mediante aerogeneradores en ambientes urbanos con condiciones adecuadas, se convierte en una alternativa que se alinea muy bien a los objetivos de energía *asequible y no contaminante* y de *ciudades y comunidades sostenibles* de la Agenda 2030 ONU, un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad.

6 FACTORES CLAVES DE CRECIMIENTO Y EXPANSION

El nivel de este crecimiento depende de factores clave como:

El aumento de los precios de la energía, debido a las fluctuaciones en los precios de las fuentes energéticas primarias de origen fósil como el carbón y el gas [8] empleados para la generación eléctrica.

La reducción de los costos de fabricación de pequeños aerogeneradores y por ende del costo por kilovatio instalado en aplicaciones urbanas, a través de un mayor desarrollo técnico, es parte de la ecuación. Además es vital un enfoque disciplinado del mercado en el que las expectativas de los clientes sean compatibles con consejos realistas respecto a la idoneidad del lugar del emprendimiento. [9]

La seguridad energética y la descentralización de las fuentes de generación. En 1976, el analista de política energética Amory Lovins acuñó el término *La ruta de la energía suave (soft energy path)* para describir un futuro alternativo en el que la eficiencia energética y las fuentes de energía renovable apropiadas reemplazan constantemente un sistema de energía centralizado basado en combustibles fósiles y nucleares. [10]. Además un modelo descentralizado de generación basado en microrredes con fuentes de energía como la solar o la eólica, tiene beneficios como proporcionar acceso a la energía a un costo razonable cuando la red principal no es accesible, o seguir suministrando energía cuando esta falla, la independencia energética al reducir el consumo de combustibles fósiles, entre otros. [11]

Debido a la presión actual de las actividades humanas sobre la naturaleza y el planeta y sus consecuencias (como por ejemplo el cambio climático), hoy denominada como la era del Antropoceno [12], en aumento desde el siglo XIX con la revolución Industrial, conceptos como el desarrollo sostenible y el uso de fuentes de generación limpia toman mayor relevancia y vigencia.

7 CONCLUSIONES

- La tecnología de los pequeños aerogeneradores es madura y cuenta con una trayectoria confiable en su uso y aplicaciones, lo que justifica las esperanzas que genera y la buena voluntad que atrae. Dependiendo de la densidad urbana y la zona de ubicación se elegirá uno u otro tipo de tecnología de aerogeneradores, HWTA o VWTA
- Un compromiso de vendedores y empresas integradoras de proyectos para brindar un mejor asesoramiento, conociendo la disponibilidad del recurso, los impactos ambientales y las fortalezas y debilidades de la tecnología para que el resultado sea satisfactorio en el ámbito técnico y económico para los clientes y usuarios finales. Este enfoque haría más para asegurar un crecimiento sostenible del sector de los pequeños aerogeneradores que uno a corto plazo con ventas inmediatas.

- Unir a todos los actores en un proyecto común para impulsar la microgeneración eólica urbana (academia-industria-estado-sector privado), para fortalecer los logros ya alcanzados en normativa, incentivos, etc., y continuar avanzando en su uso y expansión. Lo anterior, unido a una reducción de costos de fabricación, desarrollando una industria local que adapte la tecnología existente a las condiciones locales y experiencia industrial propias para una mayor viabilidad económica para su uso e implementación.

AGRADECIMIENTOS

A Dios. Al Pueblo Uruguayo. Al personal administrativo y docentes de la Maestría en Ingeniería de la Energía, Facultad de Ingeniería, UDELAR. Al Ing. Jose Cataldo, tutor.

REFERENCIAS

- [1] Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Renewables 2018. Global Status Report REN 21. p. 109. Recuperado de <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/>
- [2] Pitteloud, J.D. y Stefan Gsänger (2017). 2017 summary. Small Wind World Report. World Wind Energy Association (WWEA). Recuperado de <https://wwindea.org/information-2/information/>
- [3] UNE-EN 61400-2:2014. Aerogeneradores Parte 2. Aerogeneradores pequeños. Versión oficial en español de la norma europea que adapta la Norma Internacional IEC 61400-2:2013. Instituto Uruguayo de Normas Técnicas.
- [4] Clarke, S. (2018). Electricity Generation Using Small Wind Turbines for Home or Farm Use. Ministry of Agriculture, Food and Rural affairs. Ontario, Canada.
- [5] Wineur Project. Wind Energy Integration in the Urban Environment. Catalogue of European Urban Wind Turbine Manufacturers. Recuperado de <http://www.urbanwind.net/downloads.html>
- [6] Aeolos Wind Turbine. Horizontal Axis Wind Turbine VS Vertical Axis Wind Turbine. Recuperado de <http://www.windturbinestar.com/hawt-vs-vawt.html>
- [7] Stankovic, S., Campbell, N. y Harries, A. Urban Wind Energy. BDSP Partnership Ltd. 2009.
- [8] IEA. Key World Energy Statistics. Recuperado de: <https://www.iea.org/statistics/kwes/prices/>
- [9] Marsh, George. No child's play. Making small wind pay. Recuperado de: <http://www.renewableenergyfocus.com/view/3285/no-childs-play-making-small-wind-pay/>
- [10] Lovins, Amory. Soft Energy Paths: Towards a Durable Peace. New York: Harper & Row. 1979
- [11] Wild, J., Boutin, V., Barton, P. y Haines, L. Microgrid Benefits and Example Projects. Schneider Electric. Recuperado de: <http://www.renewableenergyfocus.com/download/1547>
- [12] Steffen, W, Grinevald, J, Crutzen, P and McNeill J. Philosophical Transactions of the Royal Society A: The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. January 2011